

Список использованных источников

1. Зайцев Е. Д. Совершенствование метода гальванокоагуляции вредных примесей в сточных водах промышленных предприятий // Известия вузов. Цветная металлургия. 2002. № 2. С. 69–75.
2. Ансеров Ю. М., Дурнев В. Л. Машиностроение и охрана окружающей среды. Л. : Машиностроение, Ленинградское отделение, 1979. 224 с.
3. Драгинский В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Четманцев. М. : Науч. издат., 2005. 576 с.

УДК 162.2:0043.94

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ

THE IMPROVING OF THE CONSTRUCTION OF CHAMBER FURNACE

Черемискина Н. А., Щукина Н. В., Лошкарев Н. Б., Лавров В. В.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
n.a.cheremiskina@urfu.ru

Cheremiskina N. A., Shchukina N. B., Loshkarev N. B., Lavrov V. V.
Ural Federal University, Ekaterinburg

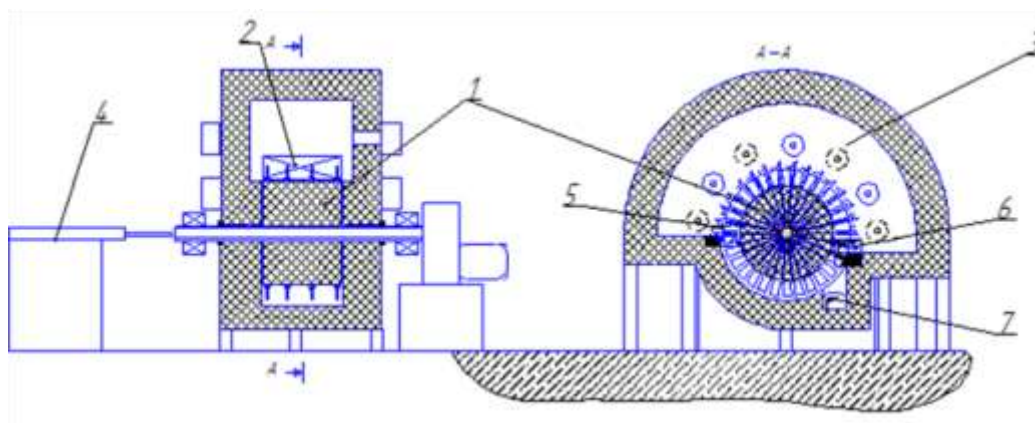
Аннотация: Представлены схема новой конструкции и особенности тепловой работы камерной печи барабанного типа для нагрева металлических изделий под закалку и отпуск. Приведены технические характеристики печи, результаты теплотехнического расчета.

Abstract: A scheme of new design and features of the thermal operation of a drum-type chamber furnace for heating metal products for quenching and tempering are presented. The technical characteristics of the furnace, the results of heat engineering calculation are given.

Ключевые слова: камерная печь с постоянной температурой рабочего пространства; рекуперативное горелочное устройство, энергосбережение.

Key words: chamber furnace with constant temperature working space; regenerative burner device, energy saving.

Существующие термические печи чаще всего имеют роликовый под, который занимает много места в цехе и снижает энергоэффективность нагрева заготовок. В разработанной конструкции термической печи металлические изделия размещаются радиально по отношению к поду, выполненному в виде барабана в специальных гнездах с зацепами на наружной поверхности. Такой способ транспортировки обеспечивает равномерный двухсторонний нагрев металла, что, в свою очередь, за счет минимизации времени нагрева существенно сокращает габариты печи и угар металла. Принципиальная схема рассматриваемой нагревательной печи под закалку представлена на рисунке.



Принципиальная схема барабанной печи

1 – барабан; 2 – нагреваемый металл; 3 – горелки; 4 – толкатель;
5 – окно загрузки; 6 – окно выгрузки; 7 – окалиносборник

Вращение барабана производится шаговым двигателем, что обеспечивает установку барабана в положение «загрузка – выгрузка» с высокой точностью. Цапфы барабана и подшипниковые узлы вынесены за пределы рабочего пространства, что увеличивает срок их службы. Для обеспечения нормальных условий работы

подшипниковых узлов применяется воздушное охлаждение вала барабана, выполненного в виде толстостенной трубы.

Отопление печи производится через автоматические скоростные рекуперативные горелки, позволяющие эффективно использовать теплоту сгорания, подогревая воздух, идущий на горение, до высоких температур. Горелки типа ГСР–150 работают следующим образом: газ истекает из сопла в камеру горения, где смешивается с частью воздуха, подогретого в теплообменнике до высокой температуры и сгорает частично в камере сгорания. Остальной воздух подается через кольцевой зазор между соплом камеры сгорания и торцевой стенкой горелки и дожигает топливо в рабочем пространстве печи, смешиваясь с продуктами неполного горения. Продукты сгорания удаляются через встроенные в горелки рекуператоры в сборный металлический, теплоизолированный дымопровод.

Теплотехнические расчеты включают в себя расчет горения топлива, нагрева металла, статей теплового баланса и удельного расхода топлива [1, 2, 5, 6].

В результате расчета горения природного газа был рассчитан объем продуктов сгорания при $\alpha=1,05$, оказавшийся равным $V_{\alpha}=10,94 \text{ м}^3/\text{м}^3$. В результате расчета нагрева металла определены: масса садки – $G_{\text{м}}=522 \text{ кг}$, удельная производительность печи – $P_{\text{а.п.}}=135,348 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

По i - t диаграммам определены балансовые $(t_0^{\text{б}}; t_{\alpha}^{\text{б}})$ температуры горения: $t_0^{\text{б}} = 1940 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\alpha}^{\text{б}} = 2000 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура дымовых газов определена по формуле $t_{\text{г}} = t_{\alpha}^{\text{б}} \cdot \eta_{\text{пир}}$, где $\eta_{\text{пир}}$ – безразмерный пирометрический коэффициент, рекомендуемый для камерных печей, равный 0,58.

$$t_{\text{г}} = 2000 \cdot 0,58 \approx 1160 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура металла на выходе из печи равна $880 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Полученная расчетная температура дымовых газов на $280 \text{ }^{\circ}\text{C}$ превышает конечную температуру нагретого слитка. Следовательно, предложенный технологический процесс осуществим при выбранном топливе и условиях его сжигания.

Полезное тепловое напряжение поверхности пода $q_{м.п.}$ найдено с учетом приращения теплосодержания металла за время нагрева по формуле

$$q_{м.п.} = p_{п.} \cdot \Delta i_{м.},$$

где $p_{п.}$ – удельная производительность, кг/(м²·ч);

$\Delta i_{м.}$ – приращение энтальпии материала в интервале температур нагрева от t_0 до $t_{м.}$ (τ) с учетом среднего для данного интервала значения удельной теплоемкости материала $c_{м.}$. Величина удельной теплоемкости $c_{м.} = 0,1645$ ккал/(кг·°С) взята из [3, 4] для стали Гадфильда в интервале температур 20–880 °С.

В этом случае тепловое напряжение $q_{м.п.}$ составило

$$q_{м.п.} = 135,348 \cdot 214 = 28964,47 \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч)} \text{ или } 33685,67 \text{ Вт/м}^2.$$

Величина теплового напряжения свободного объема найдена с учетом определения коэффициента полезного действия η печи по формуле

$$\eta = \frac{\Delta i_{м.}}{7b},$$

где b – удельный расход условного топлива, (кг у. т.)/т.

Таким образом, величина теплового напряжения, отнесенная к свободному объему рабочего пространства (без учета горелочных каналов), составила $\eta = \frac{214}{7 \cdot 100} = 0,30571$.

Усредненный тепловой поток, проникающий в окружающее пространство через стенки печи, составил $q_{5т.} = 6198,35$ Вт/м². Среднее значение потока тепла, излучаемого абсолютно черным телом, оказалось равным $q_{0м.} = 181183$ Вт/м². Величина теплового потока, теряемого газами излучением через открытые отверстия, составит $q_{5л.г.} = 2484,24$ Вт/м². Общий расход топлива составил $B = 124,2$ м³/ч, расход топлива на одну горелку $b_{г.} = 17,74$ м³/ч.

Таким образом, выполненные теплотехнические расчеты подтверждают энергоэффективность печи. Радиальный способ транспортировки нагреваемых изделий уменьшает габариты печи и угар металла. Футеровка печи волокнистыми огнеупорными материалами снижает потери тепла теплопроводностью в

окружающую среду. Размещение рекуперативных горелочных устройств снижает удельный расход природного газа.

Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Б. И. Китаев, Б. Ф. Зобнин, В. Ф. Ратников [и др.]; под общ. ред. А. С. Телегина. – М. : Металлургия, 1970. – 528 с.
2. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Б. Ф. Зобнин, М. Д. Казяев, Б. И. Китаев. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1982. – 360 с.
3. Теплофизические свойства веществ: справочник / под ред. Н. Б. Варгафтика. – М. : Госэнергоиздат, 1956. – 720 с.
4. Теплофизические свойства веществ: учебное пособие / В. Л. Советкин, Л. А. Федяева. – Свердловск : УПИ, 1990. – 101 с.
5. Топливо и расчеты его горения: учебное пособие / С. Н. Гущин, Л. А. Зайнуллин, М. Д. Казяев, Б. П. Юрьев, Ю. Г. Ярошенко; под ред. Ю. Г. Ярошенко. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. – 105 с.
6. Промышленные печи: справочное руководство для расчета и проектирования / Е. И. Казанцев. – 2-е изд. – М. : Металлургия, 1975. – 368 с.

УДК 624.365

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НАСЫПНЫХ САДОК ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE OF BULK CAGES OF THERMAL FURNACES

Шавитова М. О., Колибаба О. Б., Перевезенцев Г. А.
Ивановский государственный энергетический университет,
г. Иваново, tevp@tvp.ispu.ru

Shavitova M. O., Kolibaba O. B., Perevezentsev G. A.
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

Аннотация: В данной работе было исследовано гидравлическое сопротивление насыпных садов термических печей в